

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-131603

(P2000-131603A)

(43) 公開日 平成12年5月12日 (2000.5.12)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 2 B 13/00

識別記号

F I

G 0 2 B 13/00

マークシート(参考)

2 H 0 8 7

9 A 0 0 1

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願平10-301480

(22) 出願日 平成10年10月22日 (1998. 10. 22)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 山本 健二

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 大里 潔

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(74) 代理人 100067736

弁理士 小池 晃 (外2名)

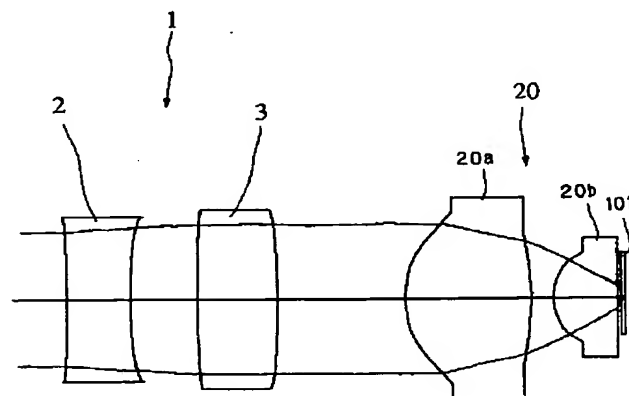
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学ヘッド及び記録再生装置

(57) 【要約】

【課題】 開口数が0.8以上の高開口数の対物レンズを備え、光学記録媒体及びレンズの製造誤差による球面収差を補正し、また、短波長半導体レーザーを用いる場合においても色収差を十分に補正し、さらに、異なる波長の光に対して同じ光学系を使用する時に生じる球面収差も補正する。

【解決手段】 光源と、2枚以上のレンズで構成される開口数0.80以上の対物レンズ20と、これら光源と対物レンズ20との間に配置され正レンズ群3と負レンズ群2との2群で構成された収差補正レンズ群1とを備える。収差補正レンズ群1は、正レンズ群3と負レンズ群2との間隔が光軸方向に可変されることにより、光学系の各光学面で生ずる球面収差を補正する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光源と、

2 枚以上のレンズで構成される開口数 0.80 以上の対物レンズと、

上記光源と対物レンズとの間に配置され、正レンズ群と負レンズ群との 2 群で構成された収差補正レンズ群とを備え、

上記収差補正レンズ群は、この収差補正レンズ群を構成する正レンズ群と負レンズ群との間隔が光軸方向に可変されることにより、光学系の各光学面で生ずる球面収差を補正することを特徴とする光学ヘッド。

【請求項 2】 収差補正レンズ群を構成する正レンズ群と負レンズ群との間隔を光軸方向に可変調整するアクチュエータを備えたことを特徴とする請求項 1 記載の光学ヘッド。

【請求項 3】 対物レンズは、2 群 2 枚以上のレンズで構成されていることを特徴とする請求項 1 記載の光学ヘッド。

【請求項 4】 収差補正レンズ群を構成する正レンズ群と負レンズ群との間隔を光軸方向に可変調整するアクチュエータを備えたことを特徴とする請求項 3 記載の光学ヘッド。

【請求項 5】 光源は、発光波長が 440 nm 以下の半導体レーザーであり、対物レンズは、d 線のアッペ数が 95.0 以下の硝材からなり、焦点距離が 1.4 mm 以上であって、

収差補正レンズ群は、アッペ数が 55 以上の正レンズとアッペ数が 35 以下の負レンズとからなることを特徴とする請求項 1 記載の光学ヘッド。

【請求項 6】 収差補正レンズ群を構成する正レンズ群と負レンズ群との間隔を光軸方向に可変調整するアクチュエータを備えたことを特徴とする請求項 5 記載の光学ヘッド。

【請求項 7】 対物レンズを構成する各レンズ群間の間隔が光軸方向に可変されることにより、収差補正レンズ群と共働して、光学系の各光学面で生ずる球面収差を補正することを特徴とする請求項 5 記載の光学ヘッド。

【請求項 8】 収差補正レンズ群を構成する正レンズ群と負レンズ群との間隔及び対物レンズを構成する各レンズ群間の間隔を光軸方向に可変調整するアクチュエータを備えたことを特徴とする請求項 7 記載の光学ヘッド。

【請求項 9】 光源と、  
2 枚以上のレンズで構成される開口数 0.80 以上の対物レンズと、

上記光源と対物レンズとの間に配置され、正レンズ群と負レンズ群との 2 群で構成された収差補正レンズ群と、  
上記収差補正レンズ群を構成する正レンズ群と負レンズ群との間隔を光軸方向に可変調整するアクチュエータと、

上記光源より発し、上記対物レンズにより光学記録媒体

上に集光された光束の該光学記録媒体による反射光束を検出する光検出器とを備え、

上記収差補正レンズ群は、この収差補正レンズ群を構成する正レンズ群と負レンズ群との間隔が光軸方向に可変されることにより、光学系の各光学面で生ずる球面収差を補正することを特徴とする記録再生装置。

【請求項 10】 対物レンズは、2 群 2 枚以上のレンズで構成されていることを特徴とする請求項 9 記載の記録再生装置。

10 【請求項 11】 光源は、発光波長が 440 nm 以下の半導体レーザーであり、

対物レンズは、d 線のアッペ数が 95.0 以下の硝材からなり、焦点距離が 1.4 mm 以上であって、

収差補正レンズ群は、アッペ数が 55 以上の正レンズとアッペ数が 35 以下の負レンズとからなることを特徴とする請求項 9 記載の記録再生装置。

【請求項 12】 対物レンズを構成する各レンズ群間の間隔が光軸方向に可変されることにより、収差補正レンズ群と共働して、光学系の各光学面で生ずる球面収差を補正し、

20 アクチュエータは、上記収差補正レンズ群を構成する正レンズ群と負レンズ群との間隔のみならず、上記対物レンズを構成する各レンズ群間の間隔を光軸方向に可変調整することを特徴とする請求項 11 記載の記録再生装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ディスクの如き光学記録媒体に対して情報信号の記録再生を行う際に使用される光学ヘッドに関する。また、本発明は、上述のような光学ヘッドを用いて構成される記録再生装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、映像情報、音声情報、または、コンピュータ用プログラムなどのデータを保存するための記録媒体として、いわゆる再生専用光ディスク、相変化型光ディスク、光磁気ディスク、または、光カードなどの如き光学記録媒体が提案されている。そして、近年、これら光学記録媒体に対する記録密度の向上及び大容量化の要求が強くなっている。

40 【0003】このような光学記録媒体の記録密度を上げる手段としては、このような光学記録媒体に対して情報信号の書き込み及び読出しを行う光学ヘッドにおいて、対物レンズの開口数 (NA) を大きくすること、あるいは、光源の波長を短くすることにより、該対物レンズによって集光される光のスポット径を小径化することが有効である。そこで、例えば、デジタル光ディスクとして比較的初期に実用化された「CD (コンパクトディスク) (商標)」では、対物レンズの開口数が 0.45、光源の波長が 780 nm とされているのに対して、「C

D」よりも高記録密度化がなされたデジタル光ディスクである「DVD（商標）」では、対物レンズの開口数が0.6、光源の波長が650nmとされている。

【0004】そして、光学記録媒体は、上述したように、さらなる記録密度の向上及び大容量化が望まれており、そのためには、対物レンズの開口数を0.6よりもさらに大きくし、また、光源の波長を650nmよりもさらに短くすることが望まれている。

#### 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述の光学ヘッドにおいて、対物レンズの開口数をより大きくし、光源の波長をより短くすると、種々の問題が生じる。その問題とは、光学的な球面収差と色収差である。

【0006】球面収差は、主にレンズ、あるいは、光学記録媒体の透明基板の厚みの製造誤差、もしくは、対物レンズを複数枚のレンズで構成する場合においては、レンズ群の間隔の組立誤差などによって生じる。また、同一の光学系を異なる波長の光に対して使用するときにも、球面収差が発生する。例えば、光学記録媒体の透明基板の厚みの誤差に関しては、「CD」規格のディスクや「DVD」記録のディスクで透明基板の厚み誤差により生じる3次元の球面収差は、以下の【数1】で示すように、対物レンズの開口数（NA）の4乗に比例して発生するので、対物レンズの開口数が大きくなるにつれて、厚み誤差の影響が大きくなる。

#### 【0007】

##### 【数1】

$$W_{40} = (t/8) \times (n^2 - 1) / n^2 \times NA^4$$

【0008】「CD」規格のディスクや「DVD」規格のディスクでは、透明基板の厚みの誤差が原因で生じる球面収差が十分に小さくなるように、ディスク基板の製造公差を取り決めている。そして、これらのディスクの製造においては、透明基板の厚みを所定の公差内に収める技術があった。したがって、光学ヘッドの光学系において特段に球面収差を補正する必要はなかった。しかしながら、さらに対物レンズの開口数を大きくした場合には、許容される透明基板の厚みの誤差が極めて小さくなる。

【0009】例えば、「DVD」規格のディスクのディスク基板の厚みの公差 $\Delta t$ は、 $\pm 0.03\text{mm}$ であり、それと同じトレランスを維持するには【数1】より、以下の【数2】を満たす必要がある。

#### 【0010】

##### 【数2】

$$\Delta t \leq 0.00388/NA^4$$

【0011】この条件から、ディスク基板の厚みの公差を求めると、対物レンズの開口数NAが0.7のときには、公差 $\Delta t$ は $\pm 0.016\text{mm}$ 、開口数NA=0.8のときには、公差 $\Delta t$ は $\pm 0.0095\text{mm}$ 、開口数N

Aが0.85のときには、公差 $\Delta t$ は $\pm 0.0074\text{mm}$ となる。

【0012】しかしながら、ディスク基板の厚みの誤差は、ディスク基板の作成方法に依存するため、その精度を上げることは非常に困難である。現状のディスク基板では、安定して $10\mu\text{m}$ 以下の厚み誤差とすることは難しく、量産した場合には歩留まりが悪く、量産として成立しない虞れがある。

【0013】次に、光学ヘッドの光学系を構成するレンズの厚みの誤差に関しては、例えば、モールドレンズの場合は、安定して $10\mu\text{m}$ 以下の厚み誤差を得ることは難しい。レンズの厚みの誤差は、光学光路差として考えると、光学記録媒体の透明基板の厚み誤差にほぼ等価であり、開口数の大きい対物レンズを用いる場合には、透明基板の厚みの誤差が許容できないように、レンズの厚みの誤差によっても、再生信号に悪影響を及ぼす程度の許容できない球面収差が生じる。

【0014】さらに、開口数が0.8以上の高開口数の対物レンズは、複数枚のレンズで構成する必要があり、各レンズの間に挟む合成樹脂製や金属製のスペーサーを精度よく加工しても、各レンズの間隔を安定して $10\mu\text{m}$ 以下の精度に収めるのは難しい。このような対物レンズを構成する各レンズ間の間隔の誤差は、光学記録媒体の透明基板の厚みの誤差と同様に球面収差の発生要因となり、再生信号に悪影響を及ぼす。また、各レンズの厚みの誤差の影響は、レンズの枚数分だけ球面収差の発生要因となり、再生信号に悪影響を与える。

【0015】このように、光学記録媒体及び光学ヘッドにおける球面収差の発生要因を全て考慮すると、開口数が0.8以上の複数枚のレンズ構成を有する対物レンズを備えた光学系を用いる場合においては、球面収差の発生量を光学記録媒体の透明基板の厚みの誤差に換算して $10\mu\text{m}$ 以下に抑えることは、ほぼ不可能ということになる。

【0016】さらに、発光波長が短波長の半導体レーザーを使用する場合には、色収差の問題も生じる。色収差についても、球面収差とともに補正することが望まれる。

【0017】そこで、本発明は、上述の実情に鑑みて提案されたものであり、複数枚のレンズで構成され開口数が0.8以上の高開口数の対物レンズを備えた光学系を用いた光学ヘッドにおいて、光学記録媒体及びレンズの製造誤差による球面収差を補正することを可能とし、また、光学ヘッドの光源として短波長半導体レーザーを用いる場合においても色収差を十分に補正する。さらに、異なる波長の光に対して同じ光学系を使用する時に生じる球面収差も補正しようとするものである。

【0018】そして、本発明は、上述のような光学ヘッドを用いて構成される記録再生装置において、光学記録媒体の記録密度の向上及び大容量化を可能にしようとする

るものである。

#### 【0019】

【課題を解決するための手段】上記のように、複数枚のレンズで構成され開口数（NA）が0.8以上の高開口数の対物レンズを用いる光学系においては、光学部品の製造誤差を球面収差の発生が無視できるほどに抑えることは非常に困難であるため、何らかの手段により、製造誤差に起因して発生する球面収差をキャンセルすることが望まれる。

【0020】光学系の球面収差は、各光学面で発生する収差の和で表すことができる。つまり、光学部品の製造誤差により発生する球面収差を補正することは、光源から光学記録媒体に至る光路上のどこかに、反対符号の球面収差を発生する光学部品を配置することにより可能となる。

【0021】本発明に係る光学ヘッドを構成する光学系は、光学記録媒体に対して情報信号の書き込み及び読み出しを行うときに、この光学系の各光学面が発生する球面収差と反対符号の球面収差を発生して光学的収差を補正する収差補正レンズ群を備えている。そして、この収差補正レンズ群は、互いに間隔を隔てた正レンズ群と負レンズ群の2群のレンズ群からなっている。これら正、負のレンズ群は、パワーとして正、負であればよく、また、それぞれが1枚のレンズであっても複数枚のレンズからできていてもよい。

【0022】この2群のレンズ群からなる収差補正レンズ群は、光源と対物レンズとの間に配置され、レンズ群間隔を光軸方向に動かされることにより、透過する波面に対し、光学系全体で発生する球面収差と逆の極性の球面収差を発生させる。

【0023】したがって、この光学ヘッドにおいては、光源より発せられ対物レンズを透過して焦点を結んだときの光束の波面は、球面収差がキャンセルされた状態になっていて、光学系全体として良好に球面収差が補正された系となっている。

【0024】例えば、光学記録媒体の透明基板の厚みの誤差が $dt$ であるとするとき〔数1〕より、以下の〔数3〕が成り立つ。

#### 【0025】

〔数3〕

$$d\omega_{\lambda 0} = (dt/8) \times (n^2 - 1) / n^3 \times NA^4$$

【0026】したがって、光学記録媒体の透明基板の厚みの誤差が大きければ、プラスの球面収差、薄ければマイナスの球面収差が発生する。この球面収差を打ち消すためには、収差補正レンズ群の各レンズ群間の間隔を調整し、透明基板の厚さが厚ければマイナスの球面収差を、薄ければプラスの球面収差を発生させればよい。

【0027】この収差補正レンズ群が光源と対物レンズとの間に置かれたときに、各レンズ群間の間隔の調整に

より発生する球面収差の極性は、収差補正レンズ群を置いた場所の光束が光ヘッドの光学系としては、まず使用されない極端な収束系もしくは発散系でない限り、各レンズ群間の間隔を近づけるとマイナス、遠ざけるとプラスの極性となる。

【0028】すなわち、各レンズ群間の間隔を近づけると、近づける前に比べて発散光が出射され、光学記録媒体の透明基板が厚い場合に対して収差を小さくする。逆に、各レンズ群間の間隔を遠ざけると、遠ざける前に比べて収束光が出射され、光学記録媒体の透明基板が薄い場合に対して収差を小さくする。このような極性は、収差補正レンズ群において正負のレンズ群の順序を入れ替えても変わらないので、正負のレンズ群の順序はどちらが先でも良い。

【0029】実際の光学系では、光学記録媒体の透明基板の厚みの誤差以外の製造誤差も含まれるので、再生信号のRF振幅などを監視しつつ、最適な条件となるように、収差補正レンズ群の各レンズ群間の間隔を調整する。

【0030】このような光学ヘッドにおいては、対物レンズの開口数を大きくするほど、レンズの製造上、あるいは、光学記録媒体の製造上の公差により、発生する球面収差が大きくなるが、本発明によれば、球面収差を補正する収差補正レンズ群を用を光源と対物レンズとの間に配置しているので、たとえ製造上の誤差が大きくても、あるいは、環境変化による種々の光学素子の屈折率の変化や、絶対長の変化があっても球面収差を十分に抑えることができる。

【0031】なお、収差補正レンズ群の各レンズ群間の間隔を調整する手段としては、いわゆるボイスコイル型アクチュエータや、ピエゾアクチュエータなどを用いることができる。

【0032】そして、本発明に係る記録再生装置は、上述のような光学ヘッドを備えて構成され、光学記録媒体に対する情報信号の記録及び再生を行うものである。

【0033】なお、本発明に係る光学ヘッドにおいては、特殊な解として、収差補正レンズ群が、球面収差の補正とコリメータレンズとしての役割とを兼ね備える場合があり得る。この場合には、部品点数を削減することができ、光学ヘッドの製造の手間やコストを削減することができる。また、本発明に係る光学ヘッドにおいては、特殊な解として、収差補正レンズ群をコリメータレンズと対物レンズとの間に配置する場合がありうる。この場合には、コリメータレンズからの出射光は平行光束なので、この平行光束中に、収差補正レンズ群とともに、ビームスプリッタ、アナモルフィックプリズムなどを容易に配置できる。

【0034】本発明に係る光学ヘッドにおいて収差補正レンズ群とアナモルフィックプリズムとを同時に使用する場合には、収差補正レンズ群は、アナモルフィックプ

リズムと対物レンズとの間に配置することが望ましい。これは、アナモルフィックプリズムを対物レンズと収差補正レンズ群との間に配置すると、この収差補正レンズ群で発生した球面収差によりアナモルフィックプリズムへの光線の入射角が変わるために非点収差が生じるからである。このような非点収差の発生を防ぐにはアナモルフィックプリズムの後に、収差補正レンズ群を配置することが望ましい。

【0035】また、本発明に係る光学ヘッドの光学系は、複数枚のレンズで構成され開口数が0.8以上の高開口数の対物レンズを備えた場合に、このような対物レンズが発生する球面収差を補正することに対して有効な構成となっている。光学系の球面収差は、開口数が大きいほど、また、使用波長が短いほど悪化し、また、複数枚のレンズで構成される高開口数の対物レンズは、製造誤差が大きくなりやすいからである。

【0036】さらに、本発明に係る光学ヘッドの光学系の収差補正レンズ群は、特に、光源として発光波長が440nm以下の半導体レーザーを用い、開口数が0.80以上、焦点距離が1.4mm以上、硝材のd線のアップベ数が95.0以下の2群構成の対物レンズを用いる場合においては、アップベ数が55以上の正レンズとアップベ数が35以下の負レンズとからなる2群2枚のレンズ構成とすることが好ましい。

【0037】短波長光を用いる場合においては、色収差が問題になるが、上述のアップベ数の硝材により収差補正レンズ群を構成すれば、球面収差と色収差とを同時に補正することが可能になる。短波長の光源を用いた場合に球面収差と色収差との双方を補正する構成については後述する。

【0038】ところで、本発明に係る光学ヘッドにおける光学系の収差補正レンズ群は、開口数がかなり小さいので、光軸方向に移動されることにより発生させる球面収差は、おもに3次のものである。一方、対物レンズや

透明基板の厚みの製造誤差によって生じる球面収差は、対物レンズの開口数が大きいと、高次の収差を含んでいる。したがって、収差補正レンズ群では、対物レンズや透明基板の厚みの製造誤差によって生じる球面収差を完全にキャンセルすることはできない。すなわち、収差補正レンズ群による球面収差の補正効果が対物レンズや透明基板の製造誤差に対して不十分であり残留収差が残る場合には、さらに補正することが必要となる。

【0039】また、光学系を異なる波長の光に対して無収差として使用する場合における波長間のズレについても、収差補正レンズ群による球面収差補正効果で収差をキャンセルすることができる。しかし、波長間のズレについて発生する収差も、高次の収差を含んでいるので、収差補正レンズ群によっては、完全に球面収差をキャンセルすることはできない。

【0040】そこで、2群2枚以上の複数のレンズ群から構成されている対物レンズを使用している場合には、これら各群間の間隔を変えることにより、上述の収差補正レンズ群と同様の原理で球面収差を発生することが可能であるので、収差補正レンズ群における群間の間隔の変動で発生する球面収差と、対物レンズを構成する群間の間隔変動で発生する球面収差とを組み合わせることにより、より高次の球面収差を補正することが可能となる。

【0041】

【発明の実施の形態】以下、本発明の具体的な実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

【0042】〔光学系〕本発明に係る光学ヘッドの光学系には、図1に示すように、収差補正レンズ群1が設けられている。この光学系の設計値を、以下の〔表1〕に示す。

【0043】

〔表1〕

対物レンズNA/焦点距離/入射瞳φ(0.85/2.353mm/4.00mm)			波長λ=635nm	
面	曲率半径 [mm]	軸上間隔 [mm]	d線における 屈曲率Nd/アッペ数νd	635nmでの 屈曲率N
OBJ	∞	∞		
STO	∞	0.0		
S1	R:-25.0 K:0.0 A:0.0 B:0.0 C:0.0 D:0.0 E:0.0 F:0.0	1.6	1.620/36.3	1.616405
S2	R:17.055 K:0.0 A:0.0 B:0.0 C:0.0 D:0.0 E:0.0 F:0.0	1.521325		
S3	R:19.00 K:0.0 A:0.0 B:0.0 C:0.0 D:0.0 E:0.0 F:0.0	2.0	1.51633/64.1	1.515014
S4	R:-19.00 K:0.0 A:0.0 B:0.0 C:0.0 D:0.0 E: F:	3.0		
S5	R:2.46917 K:-0.177274 A:-.353215×10 <sup>-2</sup> B:-.452433×10 <sup>-3</sup> C:-.55616×10 <sup>-6</sup> D:-.991159×10 <sup>-5</sup> E:-.128023×10 <sup>-7</sup> F:-.159371×10 <sup>-6</sup>	2.962612	1.4955/81.6	1.494122
S6	R:-12.58525 K:-13.032252 A:0.3707368×10 <sup>-2</sup> B:0.799138×10 <sup>-4</sup> C:0.242782×10 <sup>-3</sup> D:-.981829×10 <sup>-4</sup> E:-.324027×10 <sup>-4</sup> F:0.162258×10 <sup>-4</sup>	0.505533		
S7	R:1.25 K:0.0 A:0.0 B:0.0 C:0.0 D:0.0 E: F:	1.495535	1.51633/64.1	1.515014
S8	∞	0.0		
S9	∞	0.098295		
S10	∞	0.1		1.5295
S11	∞	0.0		
IMG	∞	0.0		

【0044】また、非球面形状については、以下の〔数4〕に示すとおりであり、これは、後掲する〔表2〕乃至〔表5〕についても同様である。

【0045】  
〔数4〕

11  
非球面式

$$X = \frac{Y^2/R}{1 + \left\{1 - (1+K)(Y/R)^2\right\}^{1/2}} + AY^4 + BY^6 + CY^8 + DY^{10} + EY^{12} + FY^{14}$$

X; 面頂点からの深さ

Y; 光軸からの高さ

R; 近軸R

K; 円錐定数

A; Y<sup>4</sup>項の非球面係数B; Y<sup>6</sup>項の非球面係数C; Y<sup>8</sup>項の非球面係数D; Y<sup>10</sup>項の非球面係数E; Y<sup>12</sup>項の非球面係数F; Y<sup>14</sup>項の非球面係数

【0046】この光学系は、再生専用の光ディスク、相変化型光ディスク、または、光カードなどの如き光学記録媒体に対して、情報信号の記録及び再生を行う際に使用される。これら光学記録媒体は、透明基板101を有し、光学ヘッドの光学系側からみてこの透明基板101の裏面側が信号記録面となっている。収差補正レンズ群1は、第1のレンズ2と第2のレンズ3とからなり、光学系において発生する球面収差を補正する。対物レンズ20は、2枚のレンズ20a、20bから構成されている。

【0047】なお、〔表1〕及び後掲する〔表2〕乃至〔表5〕では、物点をOBJとし、開口絞りをSTOとし、レンズの面順にS1、S2、S3・・・とし、光学記録媒体の記録面、すなわち、結像面をIMGとして示している。

【0048】この光学系の球面収差を図2中の(a)に、非点収差を図2中の(b)に、歪局収差を図2中の(c)に、角面0.5°での横収差を図3中の(a)に、軸上での横収差を図3中の(b)に示す。

【0049】図1に示す光学系は、物点が無限遠方に位置することとなるいわゆる無限系の光学系である。収差補正レンズ群1は、図示しない光源と対物レンズ20との間に配置され、光源側の両凹の第1のレンズ2と対物レンズ20側の両凸の第2のレンズ3からなる。第1のレンズ2と第2のレンズ3との間は空気である。

【0050】そして、この光学系には、収差補正レンズ群1の第1のレンズ2と第2のレンズ3との間隔を調整する手段、例えば、一軸電磁アクチュエータなどが、どちらかのレンズに対して設けられている。収差補正レンズ群1は、各レンズ2、3間の間隔を調整されることにより、球面収差を発生する。この球面収差は、他の光学面で生じる球面収差に対して逆の極性となされて発生されるので、焦点を結んだときに、他の光学面で生じる球面収差をキャンセルし、光学系全体としての球面収差を

良好に補正できる。

【0051】ただし、この収差補正レンズ群1の開口数はかなり小さいので、各レンズ2、3の光軸方向の移動により発生する球面収差は、おもに3次のものである。一方、対物レンズ20や透明基板101の厚みの製造誤差によって生じる球面収差は、対物レンズ20の開口数が高いため、高次の収差を含んでいる。したがって、収差補正レンズ群1のみでは、球面収差を完全にキャンセルすることはできない。そこで、球面収差の2乗平均値が最小になるように、収差補正レンズ群1の移動を決定しなければならない。実際には、光線追跡法により、主光線と周辺光線のOPDを計算し、そのズレ、すなわち、波面収差の2乗平均が最小になるように、各レンズ2、3の位置を決める。

【0052】ここで、図4に示すように、図1に示した光学系から収差補正レンズ群を除いた場合における球面収差を考える。対物レンズ20の厚みの誤差は、レンズ一枚につき10μm程度見込まれる。また、この対物レンズ20における各レンズ20a、20b間の間隔の調整誤差も、最大で10μm程度見込まれる。さらに、透明基板101の厚みの誤差も、10μm程度見込まれる。これらにより、特に対物レンズ20の開口数が大きい場合には、球面収差を補正しなければ、許容できない球面収差が発生する。

【0053】図4に示す光学系の波面収差は、0.002rmsλである。一方、透明基板101の厚みが±20μm変化したときに、この変化により発生する球面収差は、図1の光学系の収差補正レンズ群1の第1のレンズを移動させることにより、図5中の破線で示すように、良好に補正することができる。図5では、収差補正レンズ群の移動は、この収差補正レンズ群を構成する各レンズの間の間隔で示している。

【0054】この光学系においては、透明基板の厚みの誤差が±10μm程度である場合に、収差補正レンズ群

の2枚のレンズのうち対物レンズから遠い方のレンズを以下の $\Delta d$ だけ移動させれば、波面収差を十分に抑えることができる。

$$【0055】 \Delta d = -34.458 \Delta t$$

( $\Delta d$ : 収差補正レンズ群のレンズの移動量、 $\Delta t$ : 透明基板の厚みの誤差)

一般に、光学的に回折限界に到達した良好な像の下限とされるマレシャルのクライテリオンは、波面収差 $0.07 \text{ rms } \lambda$ である。したがって、この場合には、透明基板の厚みの誤差による像の劣化は、ほとんど無視できるようになる。対物レンズにおいてレンズの厚みの誤差やレンズ間の間隔の組立誤差があるときも、同様に、収差補正レンズ群における各レンズ間の間隔を動かして球面収差を補正する。逆に、球面収差の補正をしないと、図5中の実線で示すように、無視できない収差が残ることとなる。

【0056】なお、図1に示した例では、収差補正レンズ群1を、負の第1のレンズ2と正の第2のレンズ3との2群2枚のレンズで構成している。しかし、この収差補正レンズ群は、負のパワーを持つレンズ群と正のパワーを持つレンズ群を備えていればよく、これらのレンズ群をそれぞれ複数枚のレンズから構成しても良い。また、負レンズ群と正レンズ群の順序は逆であっても良い。その場合、これら各レンズ群の間隔調整により発生する球面収差の極性は、負レンズ群と正レンズ群の順序に依らず、間隔によって決まる。

【0057】また、上述の収差補正レンズ群は、特殊解

として、コリメータの機能を兼ね備えていることとしても良い。この場合には、光学ヘッドの構成部品の点数を減らすことができ、製造の容易化及び製造コストの削減を図ることができる。

【0058】さらに、上述の実施の形態では、収差補正レンズ群の特殊解として、光源より発せられた出射光が図示しないコリメータレンズによりコリメートされてから入射される無限系の光学系として構成している。このような無限系の光学系においては、コリメータレンズと収差補正レンズ群との間に、ビームスプリッタやアナモルフィックプリズムなどを容易に配置することができる。しかし、本発明に係る光学ヘッドの光学系は、有限系の光学系としても構成することができる。

【0059】また、上述の実施の形態では、対物レンズとして、2群の2枚構成のレンズを使用しているが、3枚以上のレンズから構成されたものを使用することもできる。

【0060】本発明に係る光学ヘッドの光学系は、特に、複数枚のレンズで構成され開口数が0.8以上の対物レンズを使用した場合の球面収差の補正について適用することが有効である。開口数が0.8の対物レンズを用いて本発明に係る光学ヘッドの光学系を構成したものを図6に示すとともに、この光学系の設計値を以下の〔表2〕に示す。

【0061】

〔表2〕



対物レンズNA/焦点距離/入射径φ(0.80/2.648mm/4.237mm)			波長λ=660nm	
面	曲率半径 [mm]	軸上間隔 [mm]	d線における 屈曲率Nd/アッペ数νd	660nmでの 屈曲率N
OBJ	∞	∞		
STD	∞	0.0		
S1	R:19.0 K:0.0 A:0.0 B:0.0 C:0.0 D:0.0 E:0.0 F:0.0	2.0	1.51633/84.1	1.514207
S2	R:-19.0 K:0.0 A:0.0 B:0.0 C:0.0 D:0.0 E:0.0 F:0.0	1.523091		
S3	R:-17.055 K:0.0 A:0.0 B:0.0 C:0.0 D:0.0 E:0.0 F:0.0	1.6	1.620/36.3	1.614805
S4	R:25.0 K:0.0 A:0.0 B:0.0 C:0.0 D:0.0 E: F:	3.0		
S5	R:2.43644 K:-0.530603 A:0.462792×10 <sup>-3</sup> B:-.131930×10 <sup>-3</sup> C:-.216921×10 <sup>-4</sup> D:-.526207×10 <sup>-6</sup> E:0.0 F:0.0	2.306044	1.4955/81.6	1.493482
S6	R:19.29810 K:-28.403411 A:-.838023×10 <sup>-3</sup> B:0.455037×10 <sup>-4</sup> C:0.502887×10 <sup>-4</sup> D:0.0 E:0.0 F:0.0	1.039076		
S7	R:1.50881 K:-0.198463 A:-.998579×10 <sup>-2</sup> B:-.127468×10 <sup>-2</sup> C:0.579591×10 <sup>-2</sup> D:-.317005×10 <sup>-2</sup> E:0.0 F:0.0	1.498834	1.58913/61.3	1.586056
S8	∞	0.0		
S9	∞	0.300751		
S10	∞	0.1		1.527000
S11	∞	0.0		
IMG	∞	0.0		

【0062】この光学系の球面収差を図7中の(a)に、非点収差を図7中の(b)に、歪曲収差を図7中の(c)に、画角0.5°での横収差を図8中の(a)に、軸上での横収差を図8中の(b)にそれぞれ示す。

【0063】図6に示した光学系の波面収差は、0.001rmsλである。一方、透明基板の厚みの誤差が±20μmであるとする、この誤差により生ずる球面収差を補正するには、図9に示すように、収差補正レンズ群を所定の量だけ移動させればよい。透明基板の厚みの誤差が±10μm程度である場合には、この誤差により生ずる波面収差は、収差補正レンズ群のレンズを以下のΔdだけ動かせば、十分に抑えることができる。

【0064】 $\Delta d = -19.685 \Delta t$

(∵ Δd: 補正レンズ移動量、Δt: 透明基板の厚みの

誤差)

逆に、球面収差の補正をしない場合には、図9中の実線で示すように、無視できない収差が残存することになる。球面収差は、上記〔数1〕で示したように、開口数が高いほど悪化する。したがって、対物レンズの開口数が0.80以上である場合には、球面収差の補正をしないと、許容できない程度の球面収差が発生することになる。

【0065】以上のような光学素子を用いることにより球面収差を抑えられるので、高NAレンズの使用が容易となり光学記録媒体の好記録密度化及び大容量化を図る事ができる。

【0066】上述のように、本発明に係る光学ヘッドの光学系においては、球面収差を十分に抑えることができ

るので、高開口数の対物レンズの使用が容易となり、光学記録媒体の高記録密度化及び大容量化を実現することができる。

【0067】〔光学ヘッド〕本発明に係る光学ヘッドは、上述のような光学系を備えて、図10に示すように、相変化型光ディスク11などの光学記録媒体に対して情報信号の記録及び再生を行えるように構成される。

【0068】この光学ヘッド10によって記録再生がなされる相変化型光ディスク11は、厚さ $t_2$ が、例えば1.2mm、または、0.6mmの透明基板12上に、相変化によって情報信号が記録される信号記録層が形成されるとともに、この信号記録層上に、厚さ $t_3$ が例えば0.1mmの保護層13が形成されて構成されている。そして、この相変化型光ディスク11は、透明基板12の側からではなく、この透明基板12よりも遙かに膜厚が薄い保護層13の側から光を入射させて、信号記録層に対する記録及び再生を行うようになっている。ただし、本発明に係る光学ヘッド10は、透明基板12側から光を入射させて記録及び再生を行うような光学記録媒体に対しても適用可能である。

【0069】相変化型光ディスク11に対して情報信号の記録及び再生を行うように構成された本発明に係る光学ヘッド10は、図示しない光源、回折格子及びコリメータレンズを備えている。光源としては、例えば、発光波長 $\lambda$ が635nmの直線偏光レーザ光を出射する半導体レーザを使用することができる。この光源は、相変化型光ディスク11から情報信号を再生するときには、一定の出力のレーザ光を出射し、また、該相変化型光ディスク11に情報信号を記録するときには、記録する情報信号に応じて、出射するレーザ光の強度を調整させる。

【0070】なお、本発明に係る光ヘッドにおいては、光源から出射されるレーザ光の波長は、特に限定されるものではない。例えば、635nmよりも短波長のレーザ光を出射する半導体レーザを使用できる場合には、より短波長のレーザ光を用いた方が、光学記録媒体のさらなる高記録密度化及び大容量化を図る上で好適である。そして、その場合には、球面収差の補正はさらに有効なものとなる。また、635nm以上の長波長光に関しても、球面収差が問題となるような高開口数レンズを用いた場合において、本発明は有用である。

【0071】光源から出射されたレーザ光は、回折格子によって回折されて、0次光および $\pm 1$ 次光に分割される。これらの0次元光と $\pm 1$ 次光とは、図示しないコリメータレンズによってそれぞれ平行光束となされる。

【0072】コリメータレンズによって平行光束となされたレーザ光は、偏光ビームスプリッタ14、 $1/4$ 波長板15、収差補正レンズ群1及び対物レンズ20を介して、相変化型光ディスク11の信号記録面11aに入射される。このとき、相変化型光ディスク11に入射するレーザ光は、 $1/4$ 波長板15を透過するときに円偏

光状態となされた後、対物レンズ20によって、信号記録面11a上に集光される。

【0073】収差補正レンズ群1を構成する各レンズ群間の間隔は、一軸アクチュエータ21によって、可変調節が可能となっている。

【0074】また、この光学ヘッド10においては、信号記録層により反射された光束を、対物レンズ20と、収差補正レンズ群1と、偏光ビームスプリッタ14と、フォーカシングレンズ17及びマルチレンズ18とを介して受光する光検出器19が設けられている。

【0075】すなわち、相変化型光ディスク11の信号記録面11aに入射した入射光は、この信号記録面11aで反射されて戻り光となる。この戻り光は、元の光路を逆に辿って対物レンズ20、収差補正レンズ群1を透過した後、 $1/4$ 波長板15に入射する。そして、この戻り光は、 $1/4$ 波長板15を透過することにより、往きの偏光方向に対して90度回転された状態の直線偏光となり、その後、偏光ビームスプリッタ14の反射面によって反射される。

【0076】偏光ビームスプリッタ14の反射面によって反射された戻り光は、フォーカシングレンズ17及びマルチレンズ18を経て、光検出器19によって検出される。ここで、マルチレンズ18は、入射面が円筒面となされ、出射面が凹面となされたレンズである。このマルチレンズ18は、入射光束に対して、いわゆる非点収差法によるフォーカスサーボ信号の検出を可能とするための非点収差を与えるものである。

【0077】また、光検出器19は、6つのフォトダイオードを備えて構成されており、各フォトダイオードに入射した戻り光の光強度に応じた電気信号をそれぞれ出力する。これら電気信号に対して所定の演算処理を施すことにより、フォーカスサーボ信号及びトラッキングサーボ信号を生成することができる。

【0078】すなわち、光検出器19は、マルチレンズ18によって非点収差が与えられた戻り光を検出して、いわゆる非点収差法によりフォーカスサーボ信号を生成することができる電気信号を出力する。そして、この光学ヘッド10においては、フォーカスサーボ信号に基づいて2軸アクチュエータ16を駆動することで、フォーカスサーボを行うことができる。

【0079】また、光検出器19は、回折格子によって回折されて分割された $\pm 1$ 次元光について、それらの戻り光をそれぞれ検出して、いわゆる3ビーム法によってトラッキングサーボ信号を生成することができる電気信号を出力する。そして、この光学ヘッド10においては、このトラッキングサーボ信号に基づいて2軸アクチュエータ16を駆動することで、トラッキングサーボを行うことができる。

【0080】さらに、光検出器19は、各フォトダイオードに入射した戻り光の光強度に応じた電気信号を出力

する。この電気信号は、相変化型光ディスク 11 から情報信号を再生するときには、所定の演算処理を施され、該相変化型光ディスク 11 からの再生信号となる。

【0081】以上のように、本発明に係る光学ヘッド 10 の光学系では、球面収差補正用の収差補正レンズ群が設けられており、光学系の製造誤差により生ずる球面収差をキャンセルすることができるので、高開口数の対物レンズの使用が容易となり、光学記録媒体の高記録密度化及び大容量化を図る事ができる。

【0082】なお、上述の実施の形態では、本発明に係る光学ヘッドを、相変化型光ディスク 11 に対して情報信号の記録及び再生を行うものとして構成しているが、この光学ヘッドは、種々の光学記録媒体、例えば、再生専用光ディスク、光磁気ディスク、または、光カードなどに対して情報信号の記録及び再生を行うものとして構成することができる。

【0083】〔記録再生装置〕次に、本発明に係る記録再生装置は、図 11 に示すように、上述した相変化型光ディスク 11 などの光学記録媒体に対して、情報信号の記録及び再生を行う装置であり、上述した光学ヘッド 10 を備えて構成されている。

【0084】なお、ここでは、相変化型光ディスク 11 に対して記録及び再生を行う装置として構成しているが、本発明に係る記録再生装置は、対物レンズを備えた光学ヘッドを搭載した記録再生装置として種々の態様で構成することが可能であり、すなわち、記録及び再生の対象となる光学記録媒体は、再生専用光ディスク、光磁気ディスク、または、光カードなどであってもよい。

【0085】この記録再生装置 30 は、相変化型光ディスク 11 を回転操作するスピンドルモータ 31 と、情報信号の記録再生を行うにあたって使用される光学ヘッド 10 と、光学ヘッド 10 を相変化型光ディスク 11 の内外周に移動操作するための送りモータ 32 と、所定の変調及び復調処理を行う変復調回路 33 と、光学ヘッド 10 のサーボ制御などを行うサーボ制御回路 34 と、記録再生装置 30 の全体の制御を行うシステムコントローラ 35 とを備えている。

【0086】スピンドルモータ 31 は、サーボ制御回路 34 により駆動制御され、所定の回転数で回転駆動される。すなわち、記録再生の対象となる相変化型光ディスク 11 は、スピンドルモータ 31 の駆動軸上にチャッキングされ、サーボ制御回路 34 により駆動制御される該スピンドルモータ 31 によって、所定の回転数で回転操作される。

【0087】光学ヘッド 10 は、相変化型光ディスクに対する情報信号の記録及び再生を行うとき、上述したように、回転駆動される相変化型光ディスク 11 に対してレーザ光を照射し、その戻り光を検出する。この光学ヘッド 10 は、変復調回路 33 に接続されている。そして、情報信号の記録を行う際には、外部回路 36 から入

力され変復調回路 33 によって所定の変調処理が施された信号が光学ヘッド 10 に供給される。光学ヘッド 10 は、変復調回路 33 から供給される信号に基づいて、相変化型光ディスク 11 に対して、光強度変調が施されたレーザ光を照射する。また、情報信号の再生を行う際には、光学ヘッド 10 は、回転駆動される相変化型光ディスク 11 に対して、一定の出力のレーザ光を照射し、その戻り光から再生信号が生成され、当該再生信号が変復調回路 33 に供給される。

【0088】また、この光学ヘッド 10 は、サーボ制御回路 34 にも接続されている。そして、情報信号の記録再生時に、回転駆動される相変化型光ディスク 11 によって反射されて戻ってきた戻り光から、上述したように、フォーカスサーボ信号及びトラッキングサーボ信号が生成され、それらのサーボ信号がサーボ制御回路 34 に供給される。

【0089】変復調回路 33 は、システムコントローラ 35 及び外部回路 36 に接続されている。この変復調回路 33 は、情報信号を相変化型光ディスク 11 に記録するときには、システムコントローラ 35 による制御のもとで、相変化型光ディスク 11 に記録する信号を外部回路 36 から受け取り、当該信号に対して所定の変調処理を施す。変復調回路 33 によって変調された信号は、光学ヘッド 10 に供給される。また、この変復調回路 33 は、情報信号を相変化型光ディスク 11 から再生するときには、システムコントローラ 35 による制御のもとで、相変化型光ディスク 11 から再生された再生信号を光学ヘッド 10 から受け取り、当該再生信号に対して所定の復調処理を施す。そして、変復調回路 33 によって復調された信号は、変復調回路 33 から外部回路 36 へ出力される。

【0090】送りモータ 32 は、情報信号の記録及び再生を行うとき、光学ヘッド 10 を相変化型光ディスク 11 の径方向の所定の位置に移動させるためのものであり、サーボ制御回路 34 からの制御信号に基づいて駆動される。すなわち、この送りモータ 32 は、サーボ制御回路 34 に接続されており、サーボ制御回路 34 により制御される。

【0091】サーボ制御回路 34 は、システムコントローラ 35 による制御のもとで、光学ヘッド 10 が相変化型光ディスク 11 に対向する所定の位置に移動されるように、送りモータ 32 を制御する。また、サーボ制御回路 34 は、スピンドルモータ 31 にも接続されており、システムコントローラ 35 による制御のもとで、スピンドルモータ 31 の動作を制御する。すなわち、サーボ制御回路 34 は、相変化型光ディスク 11 に対する情報信号の記録及び再生時に、該相変化型光ディスク 11 が所定の回転数で回転駆動されるように、スピンドルモータ 31 を制御する。

【0092】また、サーボ制御回路 34 は、光学ヘッド

10にも接続されており、情報信号の記録及び再生時には、光学ヘッド10から再生信号及びサーボ信号を受け取り、当該サーボ信号に基づいて、光学ヘッド10に搭載された2軸アクチュエータ16によるフォーカスサーボ及びトラッキングサーボの制御を行い、さらに、一軸アクチュエータを制御して、収差補正レンズ群における各レンズ群間の間隔を調整して収差の補正を行う。

【0093】以上のような記録再生装置では、光学ヘッド10に搭載されている収差補正レンズ群が、光学系の製造誤差で発生する球面収差をキャンセルするので、複数枚のレンズで構成される高開口数の対物レンズの使用＊

＊が容易となり、光学記録媒体の高記録密度化及び大容量化を図ることが可能となる。

【0094】

【実施例】以下、本発明に係る光学ヘッドの光学系の具体的な実施例をあげる。

【0095】〔実施例1〕本実施例の光学系の構成を図12に示すとともに、この光学系の設定値を以下の〔表3〕に示す。

【0096】

【表3】

対物レンズNA/焦点距離/入射径φ(0.85/1.765mm/3.00mm)			波長λ=635nm	
面	曲率半径 [mm]	軸上間隔 [mm]	d線における 屈曲率Nd/アッペ数νd	635nmでの 屈曲率N
OBJ	∞	∞		
STO	∞	0.0		
S1	R:19.0 C:0.0 K:0.0 D:0.0 A:0.0 E:0.0 B:0.0 F:0.0	2.0	1.51633/64.1	1.15014
S2	R:-19.0 C:0.0 K:0.0 D:0.0 A:0.0 E:0.0 B:0.0 F:0.0	1.523091		
S3	R:-17.055 C:0.0 K:0.0 D:0.0 A:0.0 E:0.0 B:0.0 F:0.0	1.6	1.620/36.3	1.616405
S4	R:25.0 C:0.0 K:0.0 D:0.0 A:0.0 E: B:0.0 F:	3.0		
S5	R:1.62730 C:-0.749875×10 <sup>-4</sup> K:-0.505660 D:-0.204775×10 <sup>-3</sup> A:-0.207368×10 <sup>-2</sup> E:0.0 B:-0.999092×10 <sup>-3</sup> F:0.0	1.639793	1.4955/81.6	1.494122
S6	R:89.45684 C:-0.332978×10 <sup>-2</sup> K:0.0 D:0.921202×10 <sup>-3</sup> A:-0.291281×10 <sup>-2</sup> E:0.0 B:0.459860×10 <sup>-2</sup> F:0.0	0.252358		
S7	R:1.30215 C:0.206089×10 <sup>-3</sup> K:-0.503781 D:0.0 A:0.193338×10 <sup>-1</sup> E:0.0 B:0.120697×10 <sup>-1</sup> F:0.0	1.314052	1.58913/81.3	1.587011
S8	∞	0.0		
S9	∞	0.149962		
S10	∞	0.1		1.529500
S11	∞	0.0		
IMG	∞	0.0		

【0097】この光学系における球面収差を図13中の(a)に、非点収差を図13中の(b)に、歪曲収差を図13中の(c)に、画角0.5°での横収差を図14

中の(a)に、軸上での横収差を図14中の(b)にそれぞれ示す。

【0098】この光学系の波面収差は、0.002rm

sλである。一方、同じ系で光学記録媒体の透明基板の厚みの誤差が±20μmである場合に、この誤差により生ずる球面収差を補正するには、図15に示すように、収差補正レンズ群の各レンズ群を所定の距離だけ移動操作すればよい。この光学系の場合、透明基板の厚みの誤差が±10μm程度である場合には、収差補正レンズ群のレンズを以下のΔdだけ移動させれば、図15中の破線で示すように、波面収差を十分に抑えることができる。

$$【0099】 \Delta d = -41.438 \Delta t$$

(∵ Δd : 補正レンズ移動量、Δt : 透明基板の厚みの誤差)

10

【0101】

【表4】

\*

対物レンズNA/焦点距離/入射径φ(0.85/1.765mm/3.00mm)			波長λ=410nm	
面	曲率半径 [mm]	軸上間隔 [mm]	d線における 屈曲率Nd/アッペ数νd	410nmでの 屈曲率N
OBJ	∞	∞		
STD	∞	0.0		
S1	R:7.16382 K:0.0 A:0.0 B:0.0 C:0.0 D:0.0 E:0.0 F:0.0	1.25	1.51633/64.1	1.529569
S2	R:-9.94781 K:0.0 A:0.0 B:0.0 C:0.0 D:0.0 E:0.0 F:0.0	0.5		
S3	R:-9.0 K:0.0 A:0.0 B:0.0 C:0.0 D:0.0 E:0.0 F:0.0	1.0	1.75520/27.5	1.803040
S4	R:15.0 K:0.0 A:0.0 B:0.0 C:0.0 D:0.0 E: F:	3.0		
S5	R:1.6273 K:-0.50566 A:-.207368×10 <sup>-2</sup> B:-.999092×10 <sup>-3</sup> C:-0.749875×10 <sup>-4</sup> D:-.204775×10 <sup>-3</sup> E:0.0 F:0.0	1.570619	1.4955/81.6	1.504869
S6	R:89.45684 K:0.0 A:-.291281×10 <sup>-2</sup> B:0.459860×10 <sup>-2</sup> C:-.332978×10 <sup>-2</sup> D:0.921202×10 <sup>-3</sup> E:0.0 F:0.0	0.350169		
S7	R:1.30215 K:-0.503781 A:0.193338×10 <sup>-1</sup> B:0.120697×10 <sup>-1</sup> C:0.206089×10 <sup>-3</sup> D:0.0 E:0.0 F:0.0	1.278541	1.58913/61.3	1.604471
S8	R:∞ K:0.0 A:0.0 B:0.0 C:0.0 D:0.0 E:0.0 F:0.0	0.0		
S9	∞	0.134864		
S10	∞	0.1	1.51633/64.1	1.529569
S11	∞	0.0		
IMG	∞	0.0		

【0102】この光学系の球面収差を図17中の(a)に、非点収差を図17中の(b)に、歪曲収差を図17

中の(c)に、画角0.5°での横収差を図18中の(a)に、軸上での横収差を図18中の(b)にそれぞれ

れ示す。

【0103】この光学系の波面収差は、 $0.003 \text{ rms } \lambda$ である。一方、同じ系で透明基板の厚みの誤差が $\pm 20 \mu\text{m}$ である場合に、この誤差により生ずる球面収差を補正するには、図19に示すように、収差補正レンズ群の各レンズ群を所定の距離だけ移動操作すればよい。この光学系の場合、透明基板の厚みの誤差が $\pm 10 \mu\text{m}$ 程度である場合には、収差補正レンズ群のレンズを以下の $\Delta d$ だけ移動させれば、波面収差を十分に抑えることができる。

$$\text{【0104】 } \Delta d = -10.003 \Delta t$$

( $\Delta d$  : 補正レンズ移動量、 $\Delta t$  : 透明基板の厚みの誤差)

この場合、透明基板の厚みの誤差による像の劣化はほとんど無視できるようになる。一方、この光学系の収差補正レンズ群を取り除いた系に同様の誤差が生じたとすると、図19中の実線で示すように、無視できない収差が残り、情報信号を良好に記録及び再生できないこととなる。

【0105】また、この実施例では、光源の使用波長が $400 \text{ nm}$ となっており、色収差が問題となる。収差補正レンズ群がある場合と無い場合の波長変動に対するStrehl値を図20に示す。収差補正レンズ群がある場合は、 $\pm 5 \text{ nm}$ の波長変動に対してStrehl値が $0.8$ 以上あり、良好であることがわかる。しかし、収差補正レンズ群が無い場合には、Strehl値は $0.8$ より小さく、色収差の影響が大きくでており、記録及び再生に悪影響がある。

10 【0106】すなわち、収差補正レンズ群は、アッペ数が $55$ 以上の正レンズとアッペ数が $35$ 以下の負レンズの2群2枚のレンズ構成を用いているので、他の光学面で生じる色収差をも補正することができるので、色収差補正素子としての役割も兼ねている。

【0107】〔実施例3〕本実施例の光学系の構成を図21に示すとともに、この光学系の設計値を以下の〔表5〕に示す。

【0108】

〔表5〕

対物レンズNA/焦点距離/入射瞳φ(0.85/1.765mm/3.00mm)			波長λ=635nm	
面	曲率半径 [mm]	軸上間隔 [mm]	d線における 屈曲率Nd/アッペ数Nd	635nmでの 屈曲率N
OBJ	∞	∞		
STO	∞	0.0		
S1	R:-25.0 C:0.0 K:0.0 D:0.0 A:0.0 E:0.0 B:0.0 F:0.0	1.6	1.620/36.3	1.616405
S2	R:17.055 C:0.0 K:0.0 D:0.0 A:0.0 E:0.0 B:0.0 F:0.0	1.523914		
S3	R:19.0 C:0.0 K:0.0 D:0.0 A:0.0 E:0.0 B:0.0 F:0.0	2.0		
S4	R:-19.0 C:0.0 K:0.0 D:0.0 A:0.0 E: B:0.0 F:	3.0		
S5	R:1.62730 C:-0.749875×10 <sup>-1</sup> K:-0.505660 D:-0.204775×10 <sup>-3</sup> A:-.207368×10 <sup>-2</sup> E:0.0 B:-.999092×10 <sup>-3</sup> F:0.0	1.641523	1.4955/81.6	1.494122
S6	R:89.45684 C:-.332978×10 <sup>-2</sup> K:0.0 D:0.921202×10 <sup>-3</sup> A:-.291281×10 <sup>-2</sup> E:0.0 B:0.459860×10 <sup>-2</sup> F:0.0	0.249421		
S7	R:1.30215 C:0.206089×10 <sup>-3</sup> K:-0.503781 D:0.0 A:0.193338×10 <sup>-1</sup> E:0.0 B:0.120697×10 <sup>-1</sup> F:0.0	1.314798	1.58913/61.3	1.587011
S8	∞	0.0		
S9	∞	0.149333		
S10	∞	0.1	1.51633/64.1	1.515014
S11	∞	0.0		
IMG	∞	0.0		

【0109】この光学系の球面収差を図22中の(a)に、非点収差を図22中の(b)に、歪曲収差を図22中の(c)に、画角0.5°での横収差を図23中の(a)に、軸上での横収差を図23中の(b)に示す。

【0110】この光学系の波面収差は0.002rmsλである。一方、同じ系で、使用波長が700nmから400nmまで変化したときには、この誤差により生ずる波面収差を補正するには、図24に示すように、収差補正レンズ群の各レンズ群を所定の距離だけ移動操作すればよい。

【0111】使用波長の変動による波面収差は、図24に示すように、収差補正レンズ群がないときに比べてかなり改善されるが、短波長側では補正不十分である。そこで、補正の不足分を、2群構成の対物レンズにおける

各群間の間隔調整と、収差補正レンズ群における各群間の間隔調整の両方を用いて、高精度に補正した場合の波面収差を図25に示す。たとえ400nmまで波長が変化しても、十分に収差が抑えられていることがわかる。

【0112】このときの、収差補正レンズ群における各群間の間隔と対物レンズにおける各群間の間隔の変化を図26に示す。対物レンズにおける各群間の間隔の調整と収差補正レンズ群における各群間の間隔調整は、同時にアクチュエータなどで補正することは、極めて構造を複雑となるので、図26に示した収差の変化に基づき、使用波長に対してあらかじめ対物レンズにおける各群間の間隔調整を済ませ、この後の残留収差を、収差補正レンズ群における各群間の間隔調整で補正することが望ましい。

【0113】また、本実施例のような2群構成の対物レンズにおける各群間の間隔調整と、収差補正レンズ群における各群間の間隔調整との両方により行う高精度な収差補正は、使用波長の変化のみならず、レンズなどの製造誤差が収差補正レンズ群では補正しきれない程度に大きい場合についても、有効に適用できる。

#### 【0114】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明によれば、高開口数の対物レンズを含む光学系を有する光学ヘッドにおいて、製造誤差などで球面収差が生じた場合でも、あるいは短波長の光源を用いることにより色収差が生じた場合でも、収差補正レンズ群を有することにより、十分に収差を補正することができる。そして、本発明は、このような光学ヘッドを用いた記録再生装置を提供することができる。

【0115】すなわち、本発明は、光学記録媒体の更なる高記録密度化及び大容量化を図ることを可能とするものである。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る光学ヘッドの光学系の構成を示す側面図である。

【図2】図1に示した光学系の収差を示すグラフであり、(a)は球面収差、(b)は非点収差、(c)は歪曲収差を示す。

【図3】図1に示した光学系の収差を示すグラフであり、(a)は画角0.5°での横収差、(b)は軸上での横収差を示す。

【図4】図1に示した光学系から収差補正レンズ群を取り除いた状態を示す側面図である。

【図5】図1に示した光学系における透明基板の厚みの誤差に対する収差補正レンズ群の移動量と波面収差との関係を示すグラフである。

【図6】開口数が0.8の対物レンズを用いて構成した本発明に係る光学ヘッドの光学系を示す側面図である。

【図7】図6に示した光学系の収差を示すグラフであり、(a)は球面収差、(b)は非点収差、(c)は歪曲収差を示す。

【図8】図6に示した光学系の収差を示すグラフであり、(a)は画角0.5°での横収差、(b)は軸上での横収差を示す。

【図9】図6に示した光学系における透明基板の厚みの誤差に対する収差補正レンズ群の移動量と波面収差との関係を示すグラフである。

【図10】本発明に係る光学ヘッドの構成を示す側面図である。

【図11】本発明に係る記録再生装置の構成を示すブロック図である。

【図12】【実施例1】の光学系の構成を示す側面図で

あり、収差補正レンズ群がエアギャップ2群2枚のレンズ構成であるものを示す。

【図13】【実施例1】の光学系の収差を示すグラフであり、(a)は球面収差、(b)は非点収差、(c)は歪曲収差を示す。

【図14】【実施例1】の光学系の収差を示すグラフであり、(a)は画角0.5°での横収差、(b)は軸上での横収差を示す。

【図15】【実施例1】の光学系における透明基板の厚みの誤差に対する収差補正レンズ群の移動量と波面収差との関係を示すグラフである。

【図16】【実施例2】の光学系の構成を示す側面図であり、収差補正レンズ群がエアギャップ2群2枚のレンズ構成であるものを示す。

【図17】【実施例2】の光学系の収差を示すグラフであり、(a)は球面収差、(b)は非点収差、(c)は歪曲収差を示す。

【図18】【実施例2】の光学系の収差を示すグラフであり、(a)は画角0.5°での横収差、(b)は軸上での横収差を示す。

【図19】【実施例2】の光学系における透明基板の厚みの誤差に対する収差補正レンズ群の移動量と波面収差との関係を示すグラフである。

【図20】【実施例2】の光学系における波長変動に対するStrehl値を示すグラフである。

【図21】【実施例3】の光学系の構成を示す側面図であり、収差補正レンズ群がエアギャップ2群2枚のレンズ構成であるものを示す。

【図22】【実施例3】の光学系の収差を示すグラフであり、(a)は球面収差、(b)は非点収差、(c)は歪曲収差を示す。

【図23】【実施例3】の光学系の収差を示すグラフであり、(a)は画角0.5°での横収差、(b)は軸上での横収差を示す。

【図24】【実施例3】の光学系における透明基板の厚みの誤差に対する収差補正レンズ群の移動量と波面収差との関係を示すグラフである。

【図25】【実施例3】の光学系において使用波長変動に対して収差補正レンズ群及び対物レンズの両方で球面収差を補正したときの波面収差を示すグラフである。

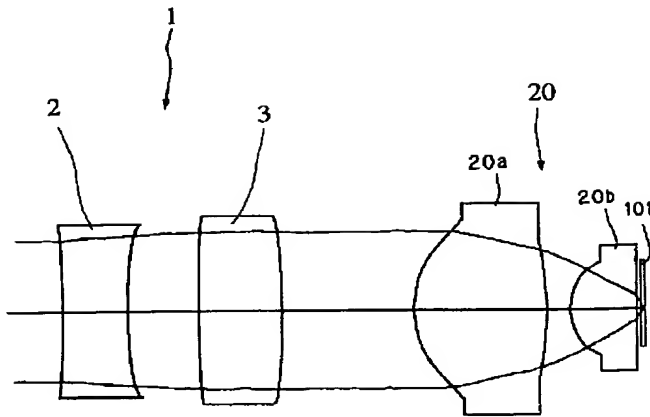
【図26】【実施例3】の光学系において使用波長変動に対して収差補正レンズ群及び対物レンズの両方で球面収差を補正したときのレンズの間の間隔を示すグラフである。

#### 【符号の説明】

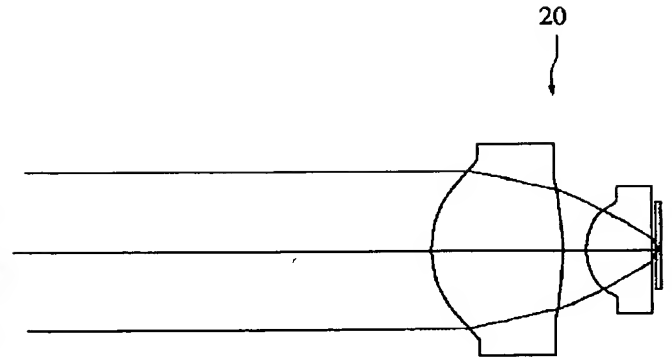
1 収差補正レンズ群、2 第1のレンズ、3 第2のレンズ、11 相変化型光ディスク、20 対物レンズ、21 一軸アクチュエータ、101 光学記録媒体



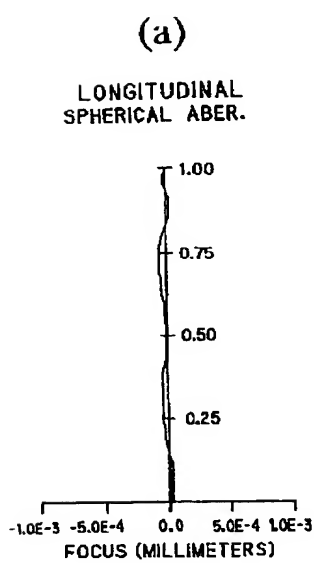
【図1】



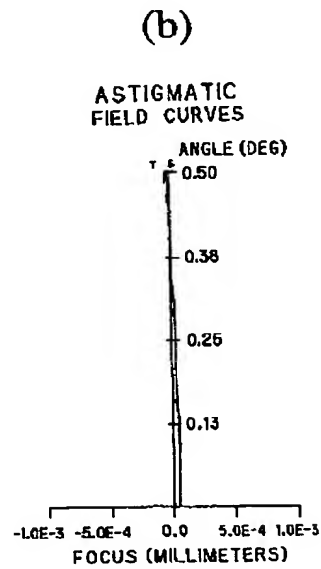
【図4】



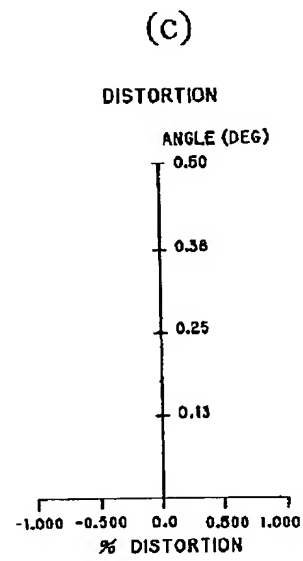
【図2】



球面収差



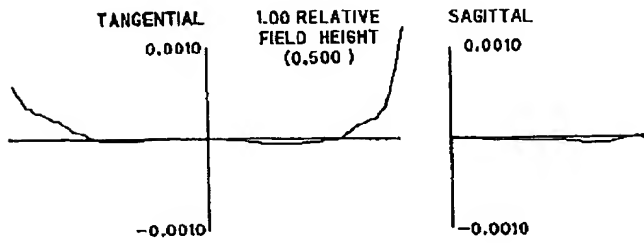
非点収差



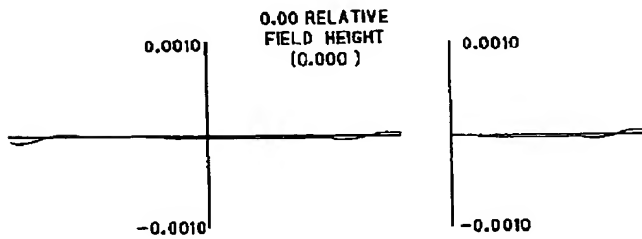
歪曲収差

【図3】

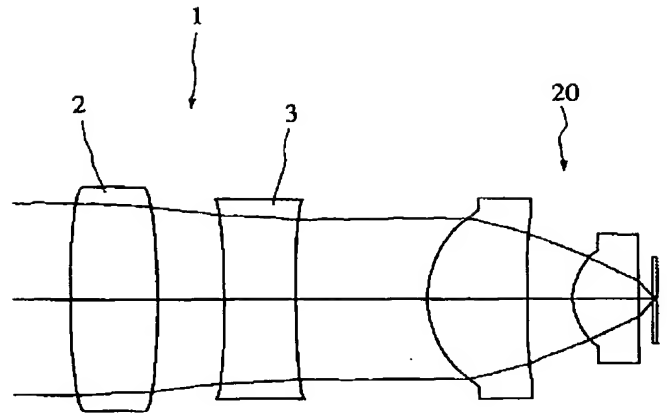
(a)画角0.5度での横収差



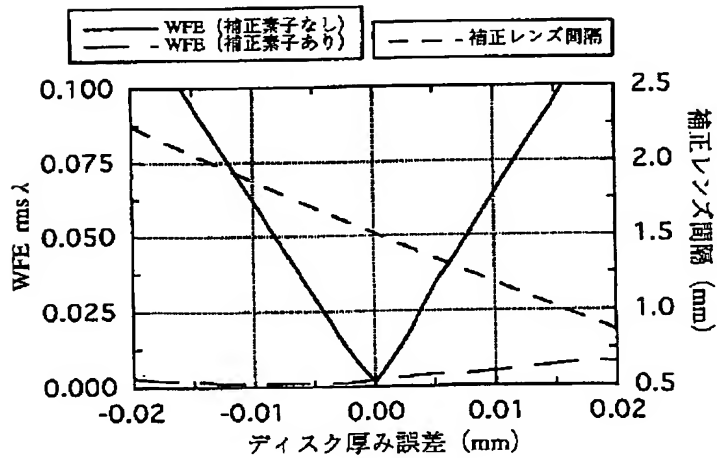
(b)軸上での横収差



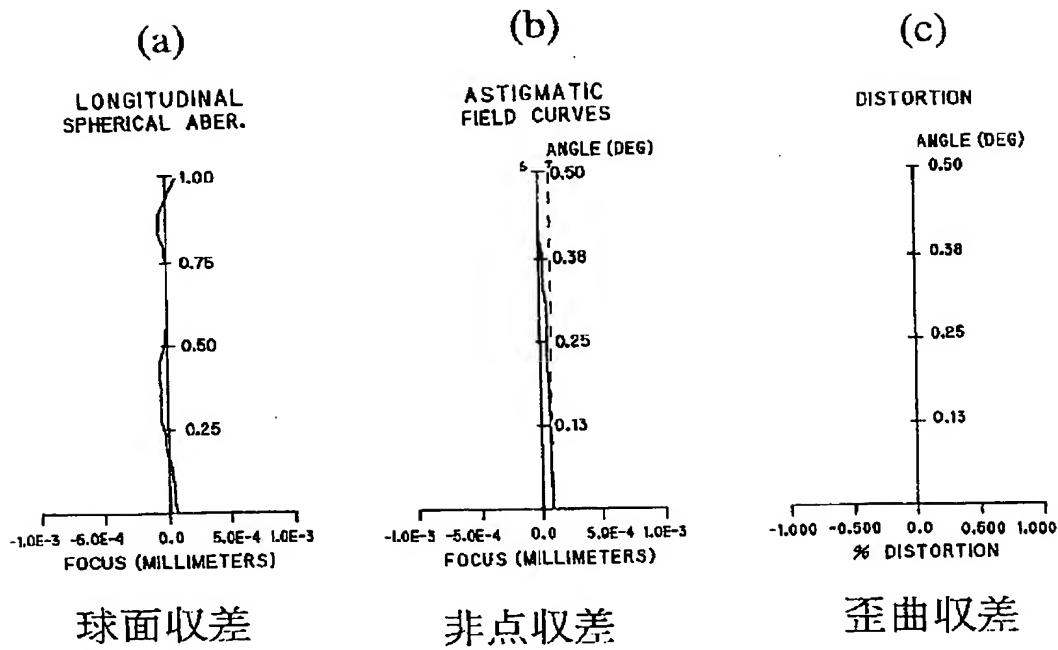
【図6】



【図5】

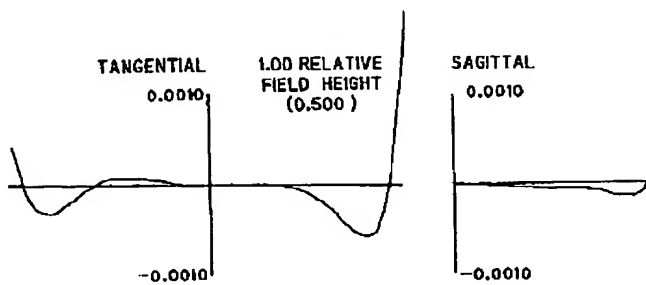


【図7】

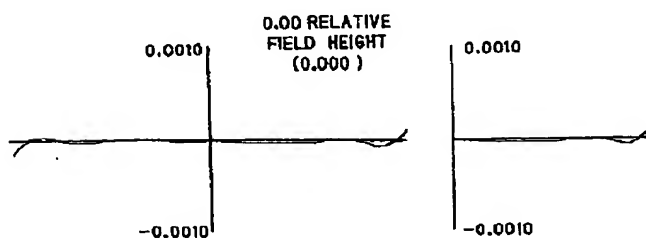


【図8】

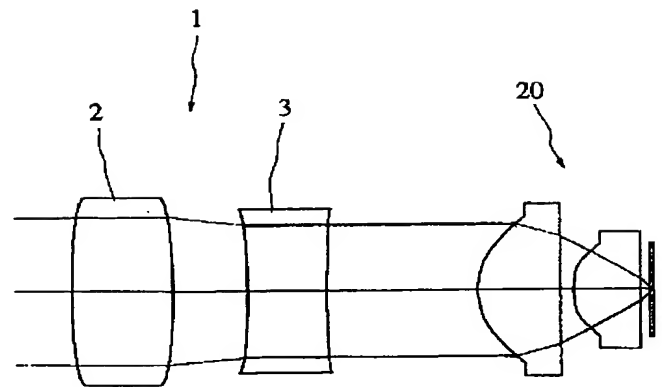
(a) 画角0.5度での横収差



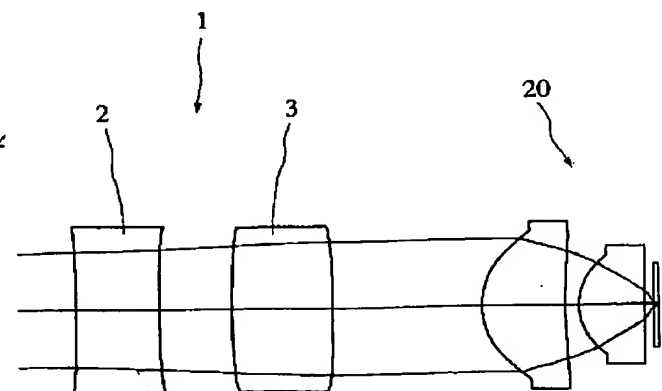
(b) 軸上での横収差



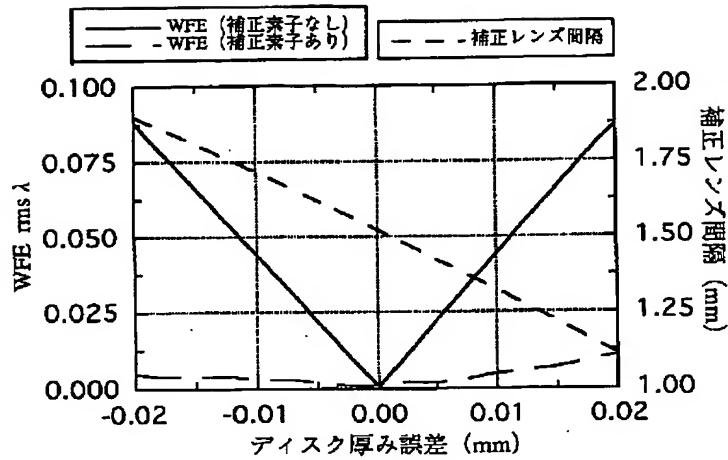
【図12】



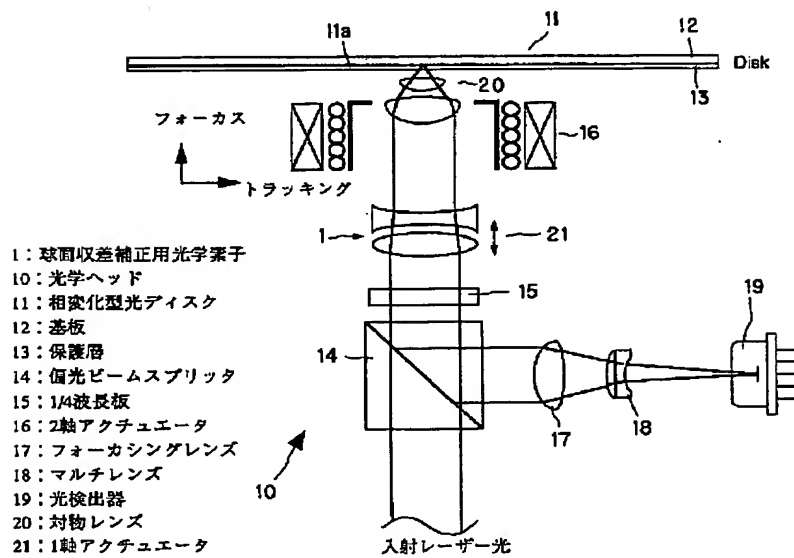
【図21】



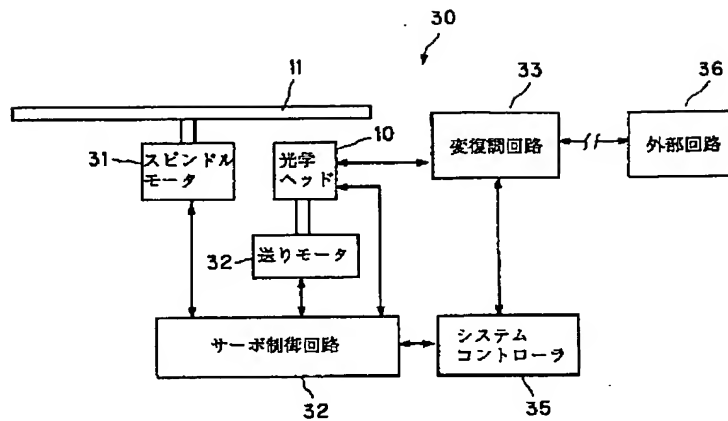
【図9】



【図10】

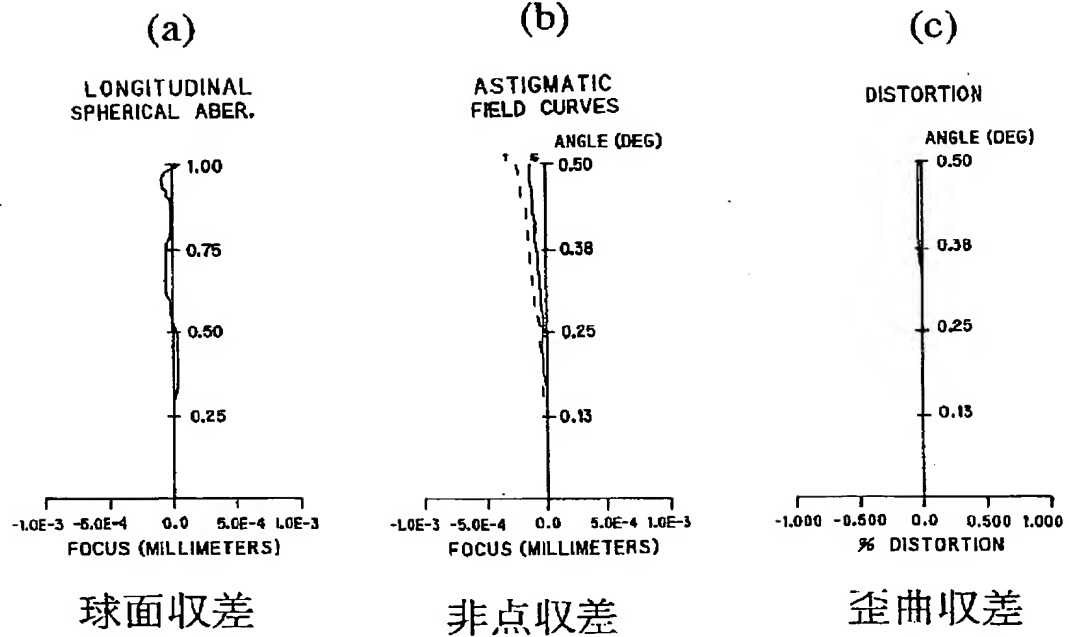


【図 11】



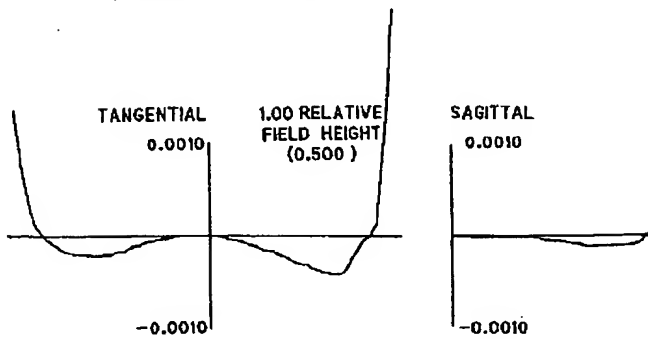
11: 相変化型光ディスク  
30: 記録再生装置

【図 13】

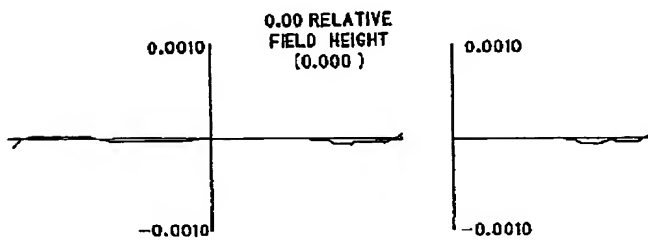


【図14】

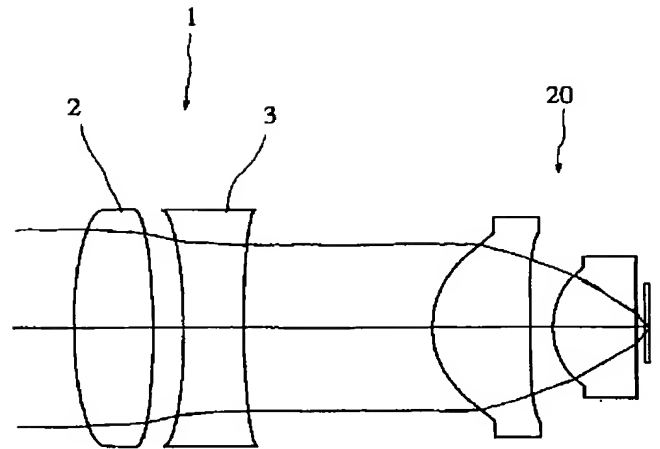
(a)画角0.5度での横収差



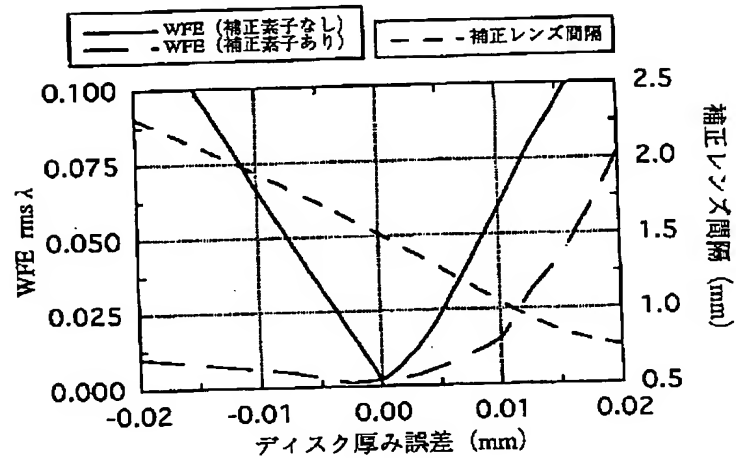
(b)軸上での横収差



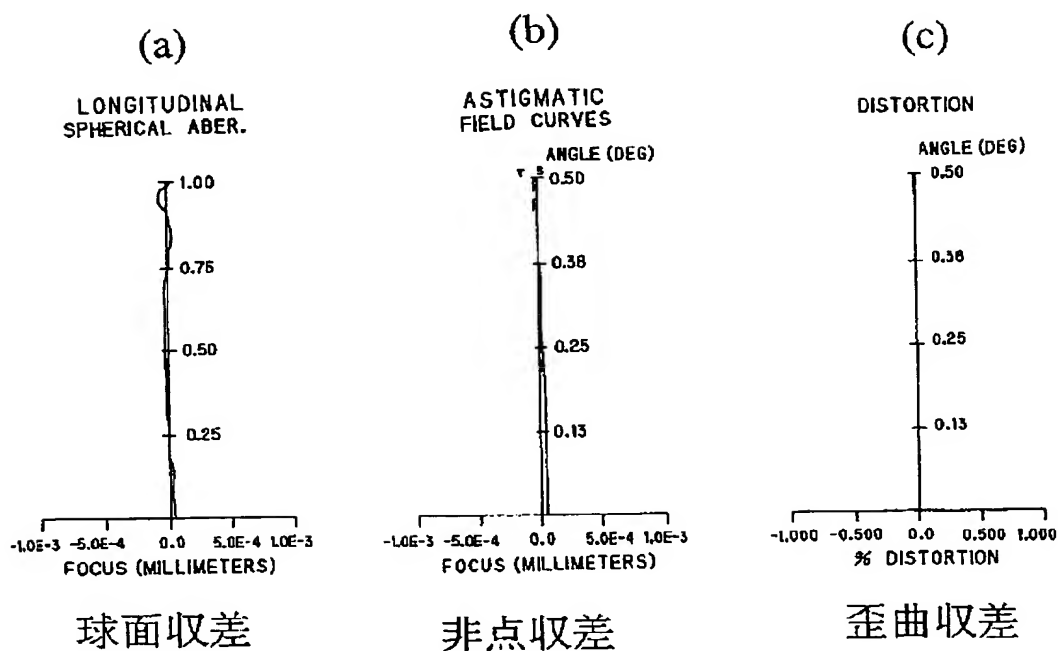
【図16】



【図15】

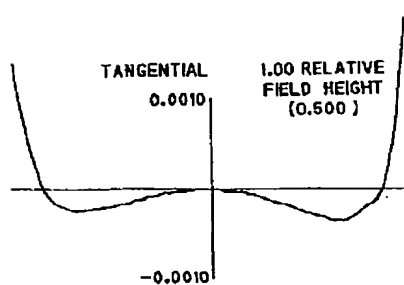


【図17】

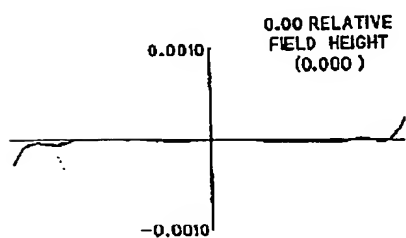


【図18】

(a)画角0.5度での横収差

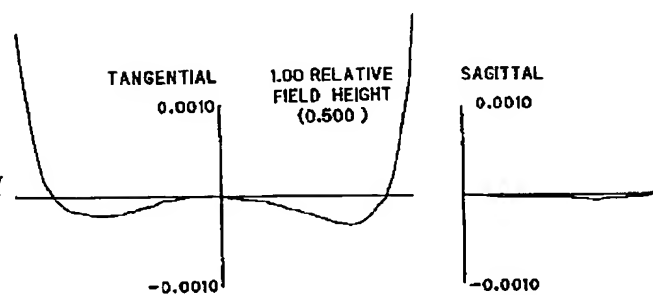


(b)軸上での横収差

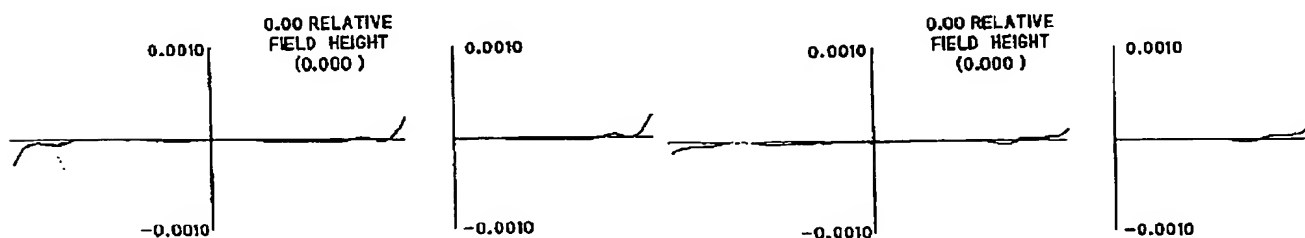


【図23】

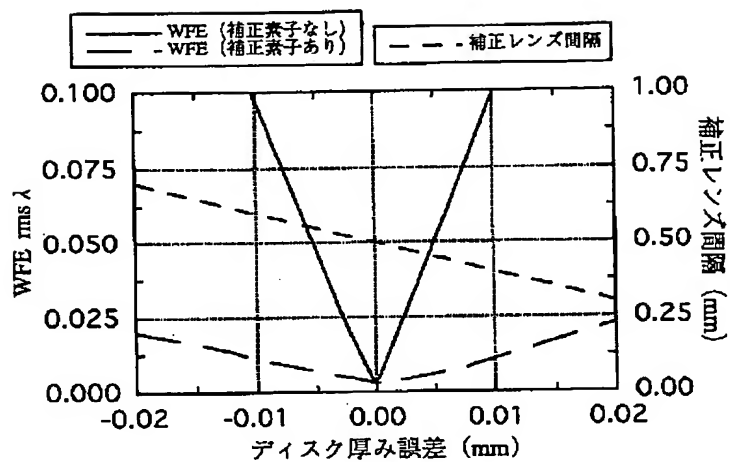
(a)画角0.5度での横収差



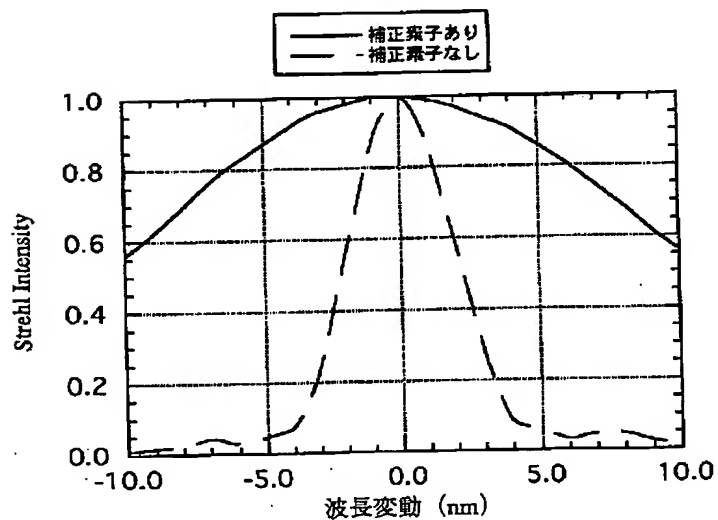
(b)軸上での横収差



【図19】

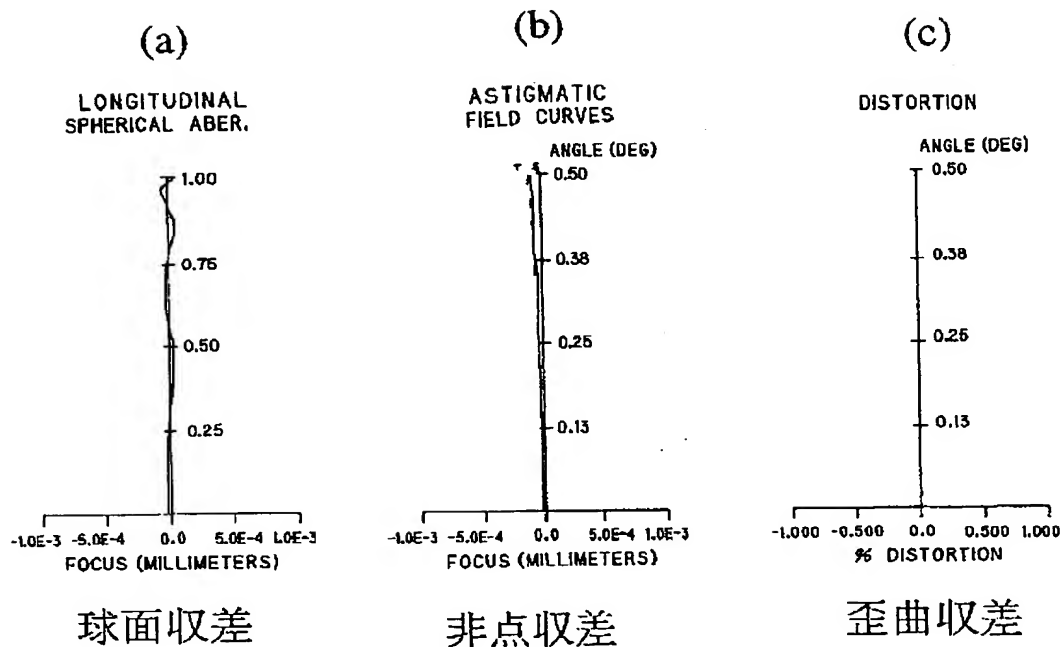


【図20】

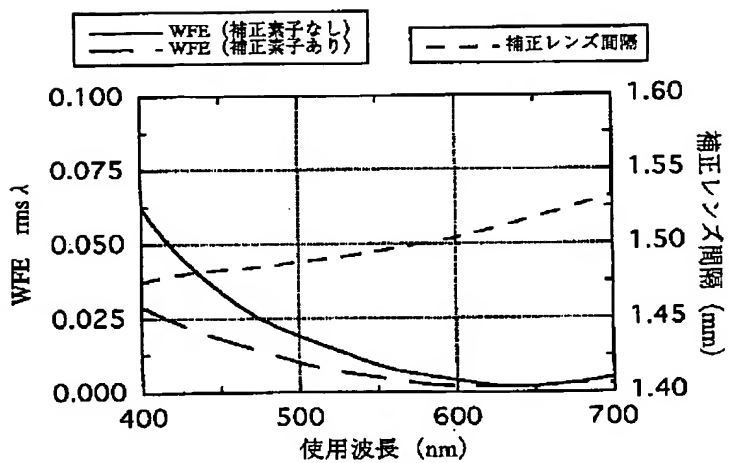




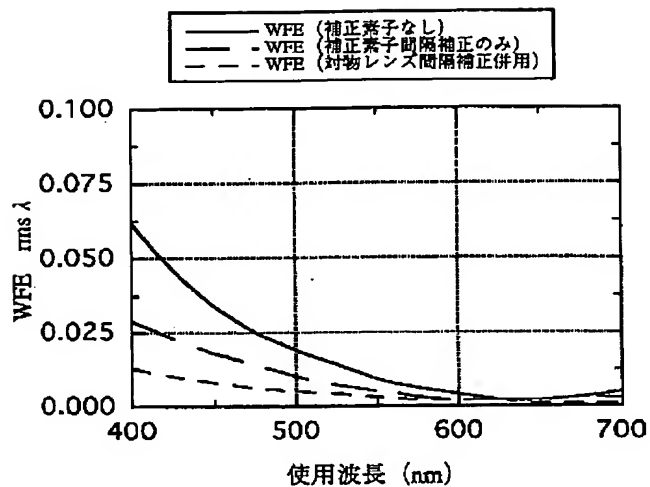
【図 2 2】



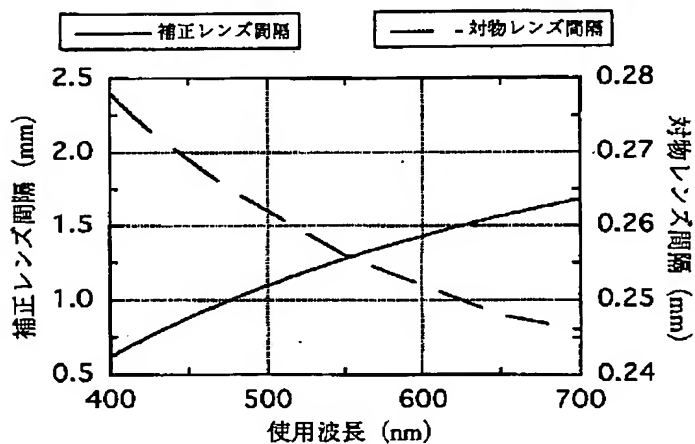
【図 2 4】



【図25】



【図26】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2H087 KA13 LA01 NA01 NA14 PA04  
 PA17 PB04 QA02 QA03 QA05  
 QA14 QA19 QA21 QA22 QA25  
 QA33 QA41 QA45 QA46 RA05  
 RA12 RA13 RA42  
 9A001 GG01 HH34 KK16